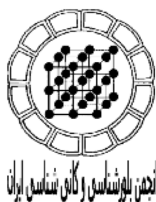
مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و سوم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۹۴، از صفحهٔ ۷۷۵ تا ۷۸۸



بررسی سنگ‌نگاری، کانی‌شناسی منطقه‌های دگرسانی و ژئوشیمی منطقه کانی‌سازی مس- طلای سرچاه، شرق ایران

پیام روحبخش، محمدحسن کریم‌پور*، آزاده ملک‌زاده شفارودی

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۲۱، نسخه نهایی: ۹۴/۲/۷)

چکیده : منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه در استان خراسان جنوبی، در فاصله‌ی تقریبی ۱۸۰ کیلومتری جنوب غربی بیرجند و در مجموعه‌ی فعالیت‌های ماگمایی ترشیاری بلوک لوت واقع شده است. زمین‌شناسی منطقه شامل گدازه‌های آتش‌فشانی با ترکیب بازالت - آندزیت و توف‌های بلورین با سن ائوسن تا هولوسن است. پردازش داده‌های سنجنده لندست و استر به روش‌های تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی استاندارد و انتخابی و نقشه برداری زاویه طیفی، کانی‌های آلونیت، ژاروسیت، سریسیت، اپیدوت و کائولینیت را بارزسازی کرد. با بررسی‌های بعدی صحرایی، سنگ‌نگاری و پراش پرتو ایکس، منطقه‌های دگرسانی آرژیلیکی (ایلیت، کائولینیت و مونت موریلونیت)، ژاسپروئید و سیلیسی در گستره‌ی بررسی‌ها مورد تایید قرار گرفت. دامنه‌ی تغییرات عناصر در رسوب‌های رودخانه‌ای عبارتند از: طلا ppb ۱۳۸- ۵>، روی ppm ۱۴۴-۴۸، سرب ppm ۴۰-۷ ، مس ppm ۵۱-۲۰ و نقره ppm ۰٫۳۱- ۰٫۱۸ که بیشترین مقادیر مربوط به زون‌های دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی است. نتایج ژئوشیمی خرده سنگی میزان طلا را تا حداکثر ppb ۷۵، روی حداکثر ppm ۶۶۵، سرب حداکثر ppm ۴۰۴، مس حداکثر ٪ ۵> ، نقره حداکثر ppm ۵٫۳ و مولیبدن حداکثر ppm ۱۰٫۷ نشان می‌دهد. مقادیر بی‌هنجاری وابسته به منطقه‌ی دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی مرکز تا جنوب گستره‌ی بررسی‌هاست. شواهد زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی حکایت از وجود یک کانی‌سازی وراگرما سولفید بالای وابسته به بخش‌های فوقانی یک سیستم مس پورفیری در منطقه دارد که می‌تواند برای پی‌جویی بیشتر مورد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: *منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه؛ دگرسانی آرژیلیکی؛ وراگرما سولفید بالا؛ بلوک لوت.*

مقدمه

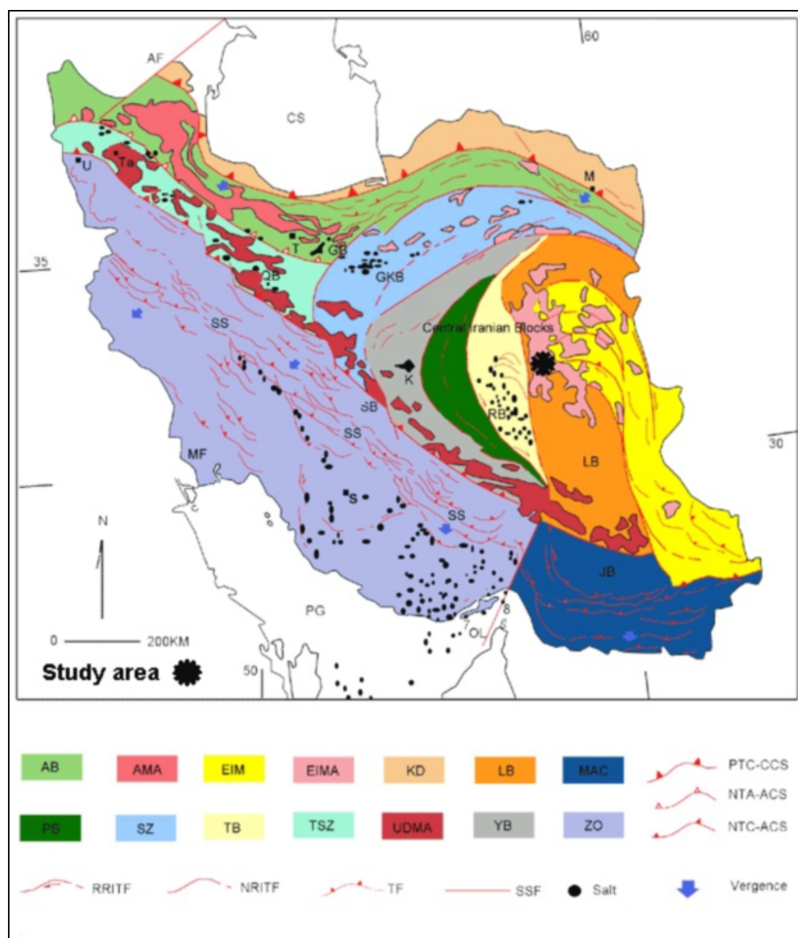
منطقه‌ی مورد بررسی در بخش جنوب شرقی نقشه‌ی ۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه‌چنگی [1] قرار دارد. از نظر تقسیمات کشوری این منطقه در استان خراسان جنوبی و در فاصله‌ی حدود ۱۸۰ کیلومتری جنوب غربی بیرجند قرار گرفته است. گستره‌ی مورد بررسی از نظر تقسیمات ساختاری در غرب بلوک لوت قرار گرفته است (شکل۱) [۳،۲].

مهم‌ترین ویژگی لوت که آن را از دیگر بخش‌های خرد قاره‌ی ایران مرکزی جدا می‌کند، وجود حجم بزرگ ماگماتیسم ترشیاری، به‌ویژه سنگ‌های آتشفشانی است که با داشتن ضخامتی در حدود ۲۰۰۰ متر بیش از نیمی از بلوک لوت را می‌پوشاند. وجود فعالیت ماگمایی گسترده با ویژگی‌های ژئوشیمیایی متفاوت در نقاط مختلف، باعث شده است تا بلوک لوت پتانسیل بسیار مناسبی برای تشکیل انواع کانی‌سازی‌های فلزی و غیر فلزی داشته باشد [۴]. شواهدی از این کانی‌سازی در نقاط مختلف شرق ایران گزارش شده است. کانسار مس-

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۵۱۳۸۷۹۷۲۷۵، نمابر: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶، پست الکترونیکی: karimpur@um.ac.ir

طلا- نقره سرشار از اسپکیولاریت قلعه زری [۵]، کانی‌سازی چند فلزی رودگز [۶]، کانسار وراگرما حوض رئیس [۷]، کانی‌سازی‌های مس - طلای پورفیری در گستره‌ی ماهرآباد [۸] و [۹]؛ وراگرما سولفیدی شدن وراگرمای بالا در گستره‌ی چاه شلغمی [۱۰]؛ چند فلزی سرب - روی، مس و آنتیموان نوع انتشاری، رگه‌چه‌ای و رگه‌ای در گستره‌ی گله چاه- شوراب [۱۱]؛ مس- طلای پورفیری و وراگرمایی در گستره‌ی کوه شاه [۱۲]؛ چند فلزی وراگرما در گستره‌ی ماهور [۱۳]؛ طلای وابسته به توده‌های نفوذی احیایی [۱۴] از آن جمله‌اند.

تنها پیشینه‌ی بررسی‌های منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه، بررسی‌های زمین‌شناسی در قالب تهیه‌ی نقشه ۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه‌چنگی [۱] و بررسی‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در قالب گزارش پتانسیل‌یابی مواد معدنی در منطقه‌ی فردوس- خوسف سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور بوده که حاکی از بی‌هنجاری مس در تعدادی از نمونه‌هاست [۱۵].



شکل۱ موقعیت منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه ([۲] ، نقشه‌ی پایه از [۳])

AB:کمربند البرز. AF : گسل ارس. AMA: مجموعه ماگمایی البرز. CS: دریای خزر. EIB : کمربند شرق ایـران. EIMA : مجموعـه ماگمـایی شرق ایران. GB : حوضه‌ی گرمسار. JB : حوضه‌ی جازموریان. K :کلوت. KD:کپه داغ. LB : بلوک لوت. MAC :مکران. M: مشهد.MF : حوضـه فورلند مزوپوتامیا.NRITF: عدم چرخش وابسته به گسل انتقالی درون قاره‌ای. RRITF :چرخش وابسته بـه گسـل انتقـالی درون قـاره‌ای. PBB : بلوک پشت بادام. OL: خط عمان. SS: منطقه‌ی سنندج- سیرجان. PG: حوضه فورلند خلیج فارس. PTC-CCS : زمین درز برخوردی قاره- قـاره نئوتتیس. RB : حوضه‌ی راور. SB: حوضه‌ی سیرجان. YB: بلوک یزد. SSF: گسل راستا لغز. SZ: منطقه‌ی سـبزوار. T :تهـران. QB: حوضـه قـم. NTA-ACS :زمین درز برخوردی اقیانوس- اقیانوس نئوتتیس. NTC-ACS : زمین درز برخوردی قاره- اقیانوس نئوتتیس. UDMA :مجموعـه‌ی ماگمایی ارومیه-دختر.U: ارومیه.TF: گسل تراست. TB: بلوک طبس. Ta: تبریز. TSZ: منطقه‌ی تبریز- ساوه. ZO :کوهزایی زاگـرس. S: شـیراز. SS: منطقه‌ی سنندج- سیرجان.

منطقه‌ی سرچاه بر اساس نتایج ژئوشیمی آبراهه‌ای [۱۵]، کانی‌سازی مالاکیت در مشاهدات صحرایی اولیه، آثار سرباره در شمال شرق گستره که شاهدی بر معدن‌کاری قدیمی است، و نهایتاً قرارگیری واحدهای سنگی این گستره در بازه تعیین سن ائوسن که مهم‌ترین پنجره‌ی زمانی کانی‌سازی در شرق ایران و گستره‌ی استان خراسان جنوبی است [۱۶]، پتانسیل کانی سازی عنصر مس را داشته و پژوهش پیش رو در این بخش از شرق ایران با هدف شناسایی و معرفی نقاط امید بخش از این جهت صورت گرفته است.

روش بررسی

در راستای هدف‌های یاد شده، مراحل بررسی‌های زیر به ترتیب صورت پذیرفت:

- پردازش داده‌های ماهواره‌ی لندست با شماره گذر ۱۵۹، ردیف ۳۸، اخذ شده در ۱۹۸۷/۰۹/۲۲ و پردازش داده‌های سنجنده استر با ۱۴ نوار برای آشکارسازی کانی‌های دگرسان در منطقه به‌روش‌های نسبت‌های نواری، ترکیب نواری، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی استاندارد و انتخابی و در پایان نقشه‌برداری زاویه‌ی بینابی با استفاده از بسته نرم افزاری ENVI 4.8
- برداشت، تهیه و بررسی ۸۰ مقطع نازک برای بررسی‌های سنگ‌نگاری و دگرسانی
- برداشت، آماده‌سازی و بررسی نمونه‌های منطقه‌ی دگرسان آرژیلیکی به روش XRD در آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود تهران
- تهیه‌ی نقشه زمین‌شناسی و دگرسانی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در گستره‌ای به وسعت ۶۰ کیلومتر مربع در برگه‌ی جنوب سه چنگی
- برداشت ۱۴ نمونه آبراهه‌ای با در نظر گرفتن اطلاعات زمین‌شناسی، دگرسانی (پردازش ماهواره‌ای)، کانی‌سازی، تنوع و گستردگی آبراهه‌ها در تصاویر ماهواره‌ای
- برداشت ۱۹ نمونه خرده‌سنگی طی پیمایش‌های صحرایی با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی و دگرسانی، ژئوشیمی آبراهه‌ای
- آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی برای عنصر طلا به روش Fire assay و عناصر پایه به‌روش ICP-OES در آزمایشگاه شرکت زرآزما
- تهیه‌ی نقشه‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای و سنگی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ در گستره‌ای به وسعت ۶۰ کیلومتر مربع

زمین‌شناسی و سنگ‌نگاری

بر اساس نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه چنگی [۱] سنگ‌نگاری این منطقه عبارتند از مجموعه‌ای از هورنبلند آندزیت، پیروکسن آندزیت، لاتیت آندزیت، ماسه‌سنگ توفی و میکروکنگلومرای توفی. به‌منظور شناسایی دقیق‌تر و جدایش بیشتر واحدهای آذرین در گستره، مجموعاً بیش از ۱۰۰ نمونه سطحی با در نظر گرفتن تصاویر ماهواره‌ای پردازش شده و پارامترهای مختلفی از جمله تغییرات بافتی، درصد، نوع و اندازه‌ی فنوکریست در صورت پورفیری بودن بافت، تغییرات دگرسانی برداشت شدند و نقشه‌ی زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد (شکل۲). بر اساس بررسی‌های سنگ‌نگاری، واحدهای سنگی منطقه شامل گدازه‌های بازالتی و آندزیتی، توف بلورین و رسوب‌های کواترنری می شوند.

توف بلورین و میکروکنگلومرای توفی با روند شمال غربی-جنوب شرقی در گستره‌ی گسترش دارد (شکل۲). رنگ این واحد در صحرا مایل به سرخ بوده و به شدت ریزدانه اند به-طوری که تشخیص کانی‌ها در آن امکان‌پذیر نیست.

واحد هورنبلند پیروکسن آندزیت تنها در بخش‌هایی از غرب و جنوب غربی گستره بررسی‌های برونزد دارد (شکل۲). بافت این سنگ پورفیری (فنوکریست‌های هورنبلند ۵-۳٪ و اوژیت۱۰-۵ ٪) با زمینه‌ای از کانی‌های پلاژیوکلاز (ریز بلور) است. فنوکریست‌های آمفیبول در مقاطع نازک این واحد سنگی آثار سوختگی از خود نشان می‌دهند (شکل۳ الف) [۱۷]. این حالت نوعی واکنش اکسایشی است که به عدم تعادل این کانی در محیط‌های آب دار و دمای بالا بستگی دارد و به این حالت اصطلاحاً سوختگی آمفیبول می‌گویند [۱۸]. بر اساس آزمایش-های انجام شده، ماگمای آندزیتی حاوی هورنبلند، حداقل ۳٪ آب دارد (P_{H2O}=2kb) و در عمق حداکثر ۸ کیلومتری سنگ-های پوسته‌ای تشکیل شده است [۱۹].

بیوتیت آندزیت‌ها در شمال غربی گستره به‌وسیله دایک-های دیابازی مورد نفوذ قرار گرفته (شکل۲). بافت غالب این سنگ پورفیری و تدریجی (Seriate) (فنوکریست ۱۵-۱۰ ٪) در زمینه‌ی ریز دانه تا درشت بلور است (پلاژیوکلاز ۱۰-۷٪، فلدسپات قلیایی ۵-۳٪ و بیوتیت ۵٪). تفاوت سنگ‌نگاری این

واحد با واحد بیوتیت هیالوآندزیت، عدم وجود زمینه‌ای کاملاً شیشه‌ای در مقاطع نازک سنگ است (شکل۳ب).

واحد بیوتیت هیالوآندزیت به شدت تحت تاثیر دگرسانی آرژیلیکی قرار گرفته و بیشتر در بخش‌های غربی گستره قابل رویت است (شکل۲). بافت این سنگ پورفیری، گلومروپورفیری (درشت بلورهای پلاژیوکلاز ۳۰-۲۵٪، فلدسپات قلیایی ۵-۳٪ و بیوتیت ۵-۳ ٪) در زمینه هیالوکریستالین و اینترسرتال است (شکل۳پ).

توده کوچکی از هورنبلند تراکی آندزیت در جنوب غربی گستره قرار گرفته است (شکل۲). بافت سنگ تراکیتی (هورنبلند ۵-۳٪) در زمینه پلاژیوکلازهای ریز بلوری است.

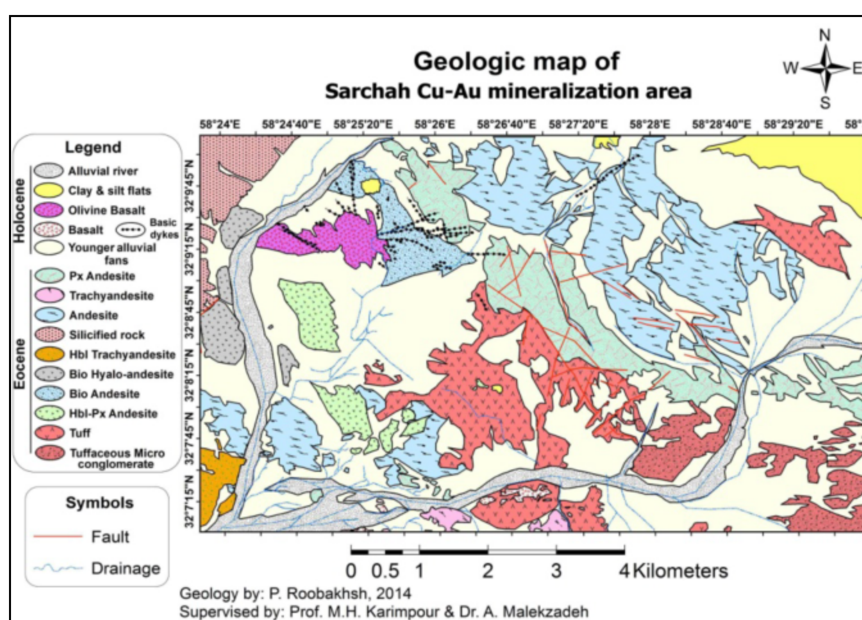
تراکی آندزیت‌ها در جنوب گستره قابل مشاهده‌اند (شکل۲). بافت سنگ تراکیتی (فاقد فنوکریست) مشتمل بر پلاژیوکلازهایی ریز بلور زمینه است. حفره‌های موجود در این سنگ‌ها با کربنات‌های تاخیری پر شده‌اند.

پیروکسن آندزیت‌ها نیز با روند شمال غربی- جنوب شرقی در قسمت‌های مرکزی گستره رخنمون دارند (شکل۲). ارتباط این واحد با واحد توفی به‌صورت گسلی است. بافت غالب این واحد در مقاطع میکروسکوپی پورفیری (پلاژیوکلاز ۴۰-۳۵٪، اوژیت ۱۰-۷٪ و کانی فلزی ۱۵-۱۰٪) در زمینه‌ای ریز بلور و گاهی میان دانه‌ای است (شکل۳ ت).

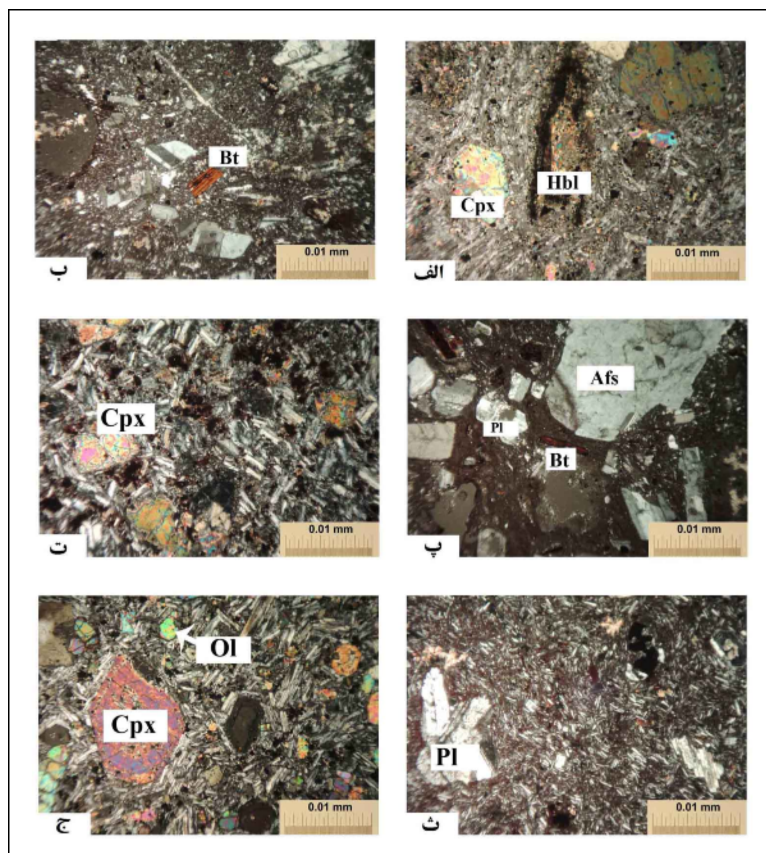
واحد آندزیتی بیشتر در شمال شرقی گستره گسترش دارد (شکل۲). بافت این سنگ‌ها در مقطع میکروسکوپی پورفیری و گلومروپورفیری (درشت بلورهای پلاژیوکلاز نسل اول ۱۰-۷ ٪) در زمینه تراکیتی (ریزبلورهای پلاژیوکلاز نسل دوم) است (شکل۳ ث).

در جنوب گستره، واحد بازالتی به‌صورت محلی در واحدی توفی رخنمون دارد. بافت این سنگ‌ها در بررسی‌های میکروسکوپی، پورفیری است (درشت بلورهای اوژیت ۱۵-۱۰ درصد در زمینه میان دانه از بلورهای پلاژیوکلاز). تفاوت سنگ‌نگاری بیشتر این واحد با الیوین بازالت‌های شمال غرب، عدم حضور الیوین است.

الیوین بازالت‌ها در شمال غربی گستره گسترش دارند. بلندترین ارتفاعات منطقه، به‌همین واحد سنگی وابسته است (شکل۲). بافت این سنگ‌ها، پورفیری است (درشت بلورهای الیوین ۷-۵ ٪ و اوژیت ۲۰-۱۵٪ در زمینه میان دانه از بلورهای پلاژیوکلاز). وجود حاشیه واکنشی در بلورهای پیروکسن می‌تواند ناشی از تغییر در ترکیب شیمیایی کانی، در شرایط اختلاط ماگمایی باشد (شکل۳ج). از واحد آتشفشانی یاد شده، دایک‌هایی به واحدهای سنگی اطراف، نفوذ کرده‌اند. کانی‌شناسی این دایک‌ها دقیقا مشابه توده‌ی اصلی الیوین بازالت بوده با این تفاوت که از منظر بافتی پلاژیوکلازهای زمینه رشد کرده و بزرگتر شده‌اند. سن واحدهای بازالتی بر اساس روابط سن نسبی در صحرا و نقشه۱:۱۰۰.۰۰۰ جنوب سه چنگی هولوسن تعیین می‌شود.



شکل۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپی از مقاطع نازک (نورXPL) الف) هورنبلند پیروکسن آندزیت. ب) بیوتیت آندزیت. پ) بیوتیت هیالوآندزیت. ت) پیروکسن آندزیت. ث) آندزیت. ج) الیوین بازالت. Pl: پلاژیوکلاز، Cpx: کلینوپیروکسن، Afs: فلدسپات قلیایی، Bt: بیوتیت، Ol: الیوین، Hbl: هورنبلند [۱۷].

کانی‌شناسی زون‌های دگرسانی

دورسنجی

برای مشاهده‌ی بهتر زون‌های دگرسانی از تجربیات و روش‌های به کار گرفته شده توسط [۲۰-۲۳] استفاده شد.

سنجنده‌ی لندست

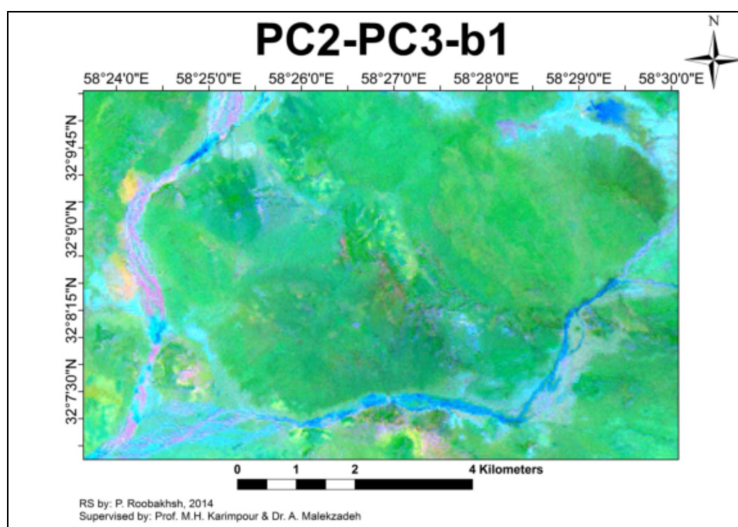
نخست با استفاده از ترکیب رنگی R(PC2) ، G(PC3) ، (b1) B [۲۴] حاصل از مولفه‌های اصلی استاندارد نوارهای (۷، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱)، نواحی دگرسان به رنگ‌های زرد و صورتی ظاهرند (شکل۴).

سنجنده‌ی استر

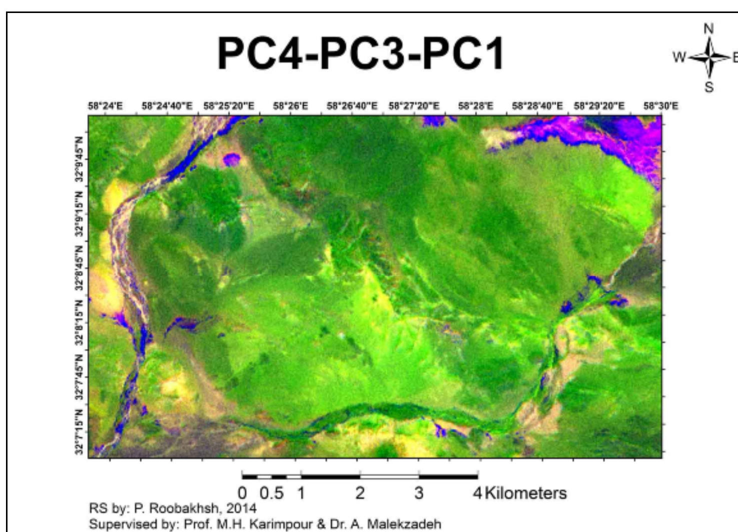
با استفاده از داده‌های رقومی سنجنده‌ی استر به کمک ترکیب رنگی جدید از مولفه‌های اصلی انتخابی نوارهای (۱،۲،۳،۴،۷و۹)، نواحی دگرسان به رنگ زرد نخودی و سنگ-های میزبان آتشفشانی به رنگ سبز به خوبی نمایان شدند (شکل۵). در پردازش به‌روش SAM، از نمودارهای طیفی کانی‌های کائولینیت، ژاروسیت، آلونیت، مسکوویت، کلریت، اپیدوت، کوارتز، هماتیت و گوتیت مربوط به مجموعه‌ی طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) به‌عنوان داده مرجع استفاده شد. بر این اساس کانی آلونیت به‌صورت گسترده از شرق تا غرب گستره و کانی‌های ژاروسیت، سریسیت، اپیدوت و کائولینیت بیشتر در ناحیه‌ی جنوب غربی نمایان شدند (شکل۶).

بررسی صحرایی منطقه‌های دگرسان

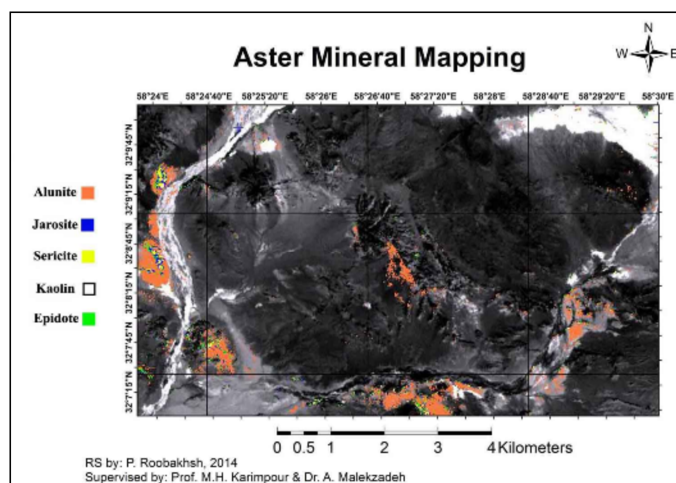
بر اساس بررسی‌های صحرایی و کانی‌شناسی، نقشه‌ی دگرسانی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه در مقیاس۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد (شکل۷). لازم به‌یادآوری است که هیچ گونه کانی-سازی سولفیدی در منطقه مشاهده نشد و تنها کانی‌سازی موجود مربوط به رگه‌ی سیلیسی- مالاکیتی با روند شمال شرقی- جنوب غربی واقع در شمال غربی گستره مورد بررسی بوده است.



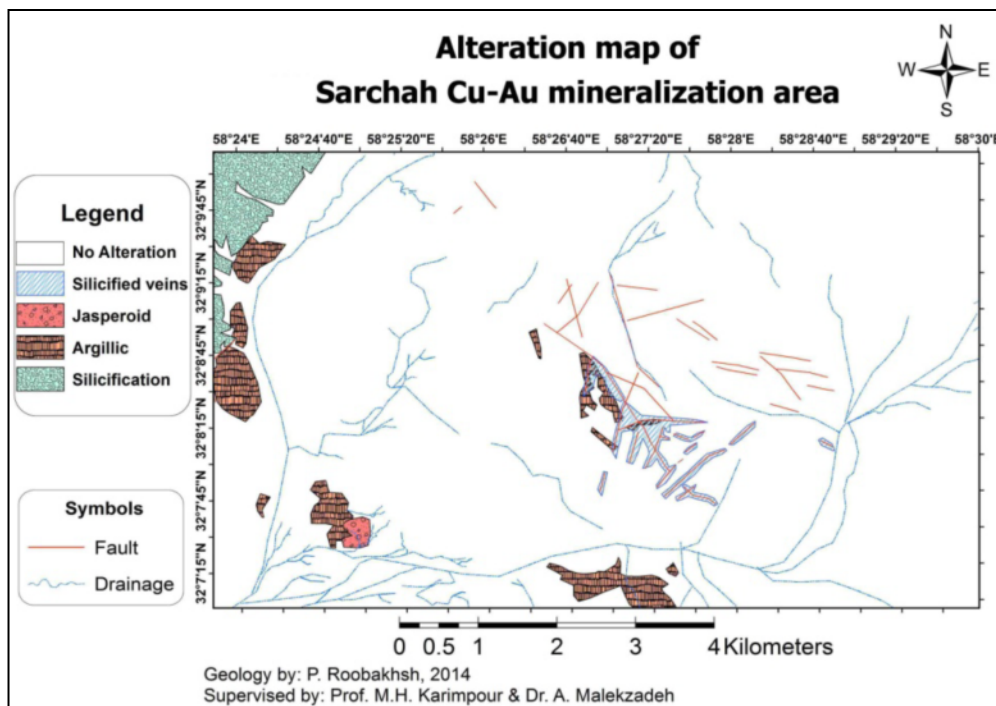
شکل۴ ترکیب رنگی (R(PC۲)،G(PC۳)،B(b۱ برای نمایش منطقه‌ی‌های دگرسانی به رنگ‌های زرد و صورتی.



شکل۵ ترکیب رنگی جدید (R(PC۴)،G(PC۳)،B(PC۱ برای نمایش منطقه‌های دگرسانی به رنگ زرد نخودی.



شکل۶ نقشه‌برداری زاویه‌ی طیفی منطقه‌های دگرسانی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه بر روی تصویر استر.



شکل۷ نقشه‌ی دگرسانی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه.

دگرسانی آرژیلیکی

واحد توفی در بخش‌هایی از مرکز و جنوب گستره به شدت تحت تاثیر دگرسانی آرژیلیکی قرار گرفته است (شکل۷). از طرفی در بخش‌های غربی منطقه نیز رخنمون‌های نسبتاً وسیعی از این دگرسانی مشاهده می‌شوند به‌طوری که بر اثر شدت دگرسانی، سنگ میزبان بیوتیت هیالوآندزیت به سختی قابل تشخیص است. همچنین وجود اکسیدهای آهن ثانوی منجر به سرخ رنگ شدن این ناحیه شده است. بر اساس نمودارهای پراش پرتو ایکس، کانی‌های اصلی دگرسان عبارتند از مسکویت (ایلیت)، کائولینیت و مونت موریلونیت (شکل ۸الف-پ). وجود کانی‌های تبخیری همچون کلسیت، هالیت، ژیپس و دولومیت در فازهای اصلی و فرعی نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس نیز، نمایانگر شرایط آب و هوای کویری منطقه است. از آنجا که بیشترین بازتاب و بیشترین جذب کانی‌های کائولینیت، مونت موریلونیت و ایلیت در گستره‌ی طیفی ۰/۵ تا ۲/۵ میکرون، مشابه و بسیار نزدیک با کانی آلونیت است [۲۵]، بنابراین دگرسانی آلونیتی در نتایج نقشه-برداری زاویه‌ی طیفی تصویر استر گستره‌ی مطالعاتی با کانی-های دگرسان آرژیلیکی حاصل از بررسی XRD، همپوشانی و همخوانی دارد (شکل۶).

دگرسانی سیلیسی

دگرسانی سیلیسی شدید در شمال غربی گستره منجر به عدم شناسایی سنگ میزبان شده است (شکل۷). همچنین این دگرسانی در بخش‌های مرکزی گستره به‌صورت رگه‌های سیلیسی با دو روند اصلی شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی - جنوب شرقی و ضخامت بین ۲۰ سانتی متر و گاهی تا حدود ۲متر مشاهده می‌شوند که به‌علت خردشدگی زیاد شیب آن‌ها غیر قابل اندازه‌گیری است. در جنوب غربی گستره نیز دگرسانی سیلیسی به‌صورت گستره‌ای از قطعات ژاسپروئید و گاهی عقیق به وسعت ۱۱/۵ هکتار نمایان می‌گردد.

ژئوشیمی

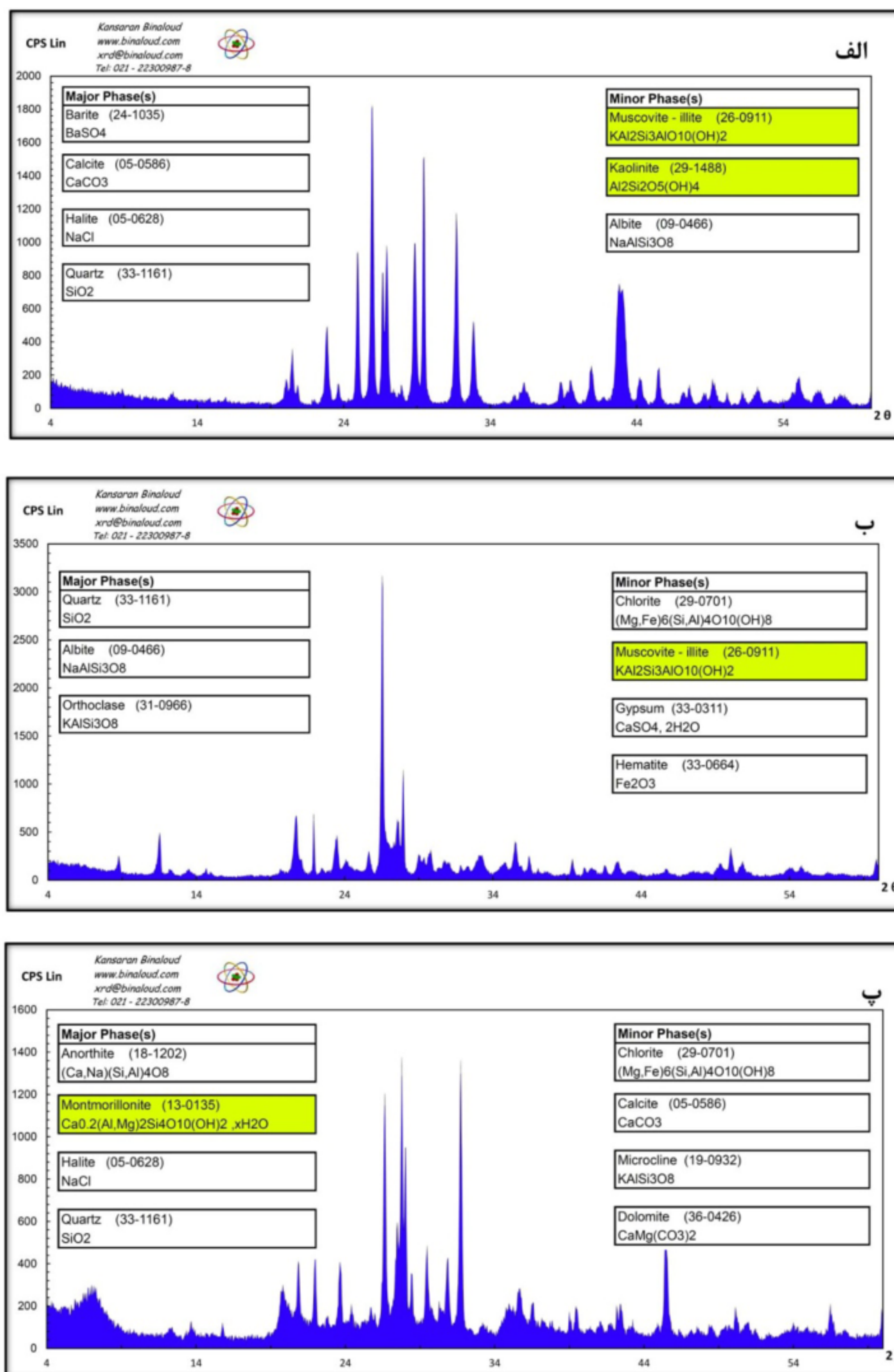
ژئوشیمی آبراهه‌ای

بر اساس نتایج بررسی نمونه‌ها در آزمایشگاه، نقشه‌های ژئوشیمی آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای عناصر طلا، مس ترسیم شدند تا از نقاط بی‌هنجاری بالادست نمونه‌برداری خرده‌سنگی صورت پذیرد (جدول۱).

۵-۱-۱-طلا(Au): میزان طلا بین ۵> تا ۱۳۸میلی گرم در تن متغیر است. بیشترین میزان طلا (۱۳۸ ppb) مربوط به آبراهه-ای واقع در غرب گستره بوده (S14) که با توجه به شیب

عمومی منطقه رسوب‌های آن از نواحی دگرسانی آرژیلیکی و رگه‌های سیلیسی مرکز گستره ریشه گرفته است (شکل۹).

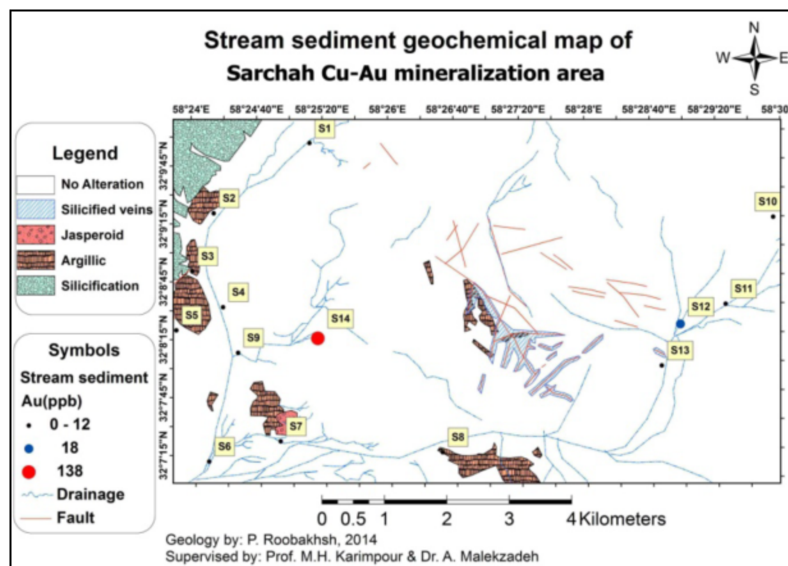
۵-۱-۲-مس(Cu): میزان مس بین ۲۰ تا ۵۱ گرم در تن متغیر است. توزیع ژئوشیمیایی عنصر مس، نشان دهنده‌ی بی‌هنجاری مس در تعدادی از نمونه‌های برداشت شده بود به‌طوری که بیشترین میزان مس (۵۱ppm) مربوط به نمونه S10 است که در بالادست این آبراهه، واحد توف قرمز قرار گرفته است. لازم به ذکر است در خارج از گستره و در فاصله ۹۰۰ متری شمال شرق این نمونه، آثار سرباره نیز بوفور مشاهده می‌شود. بی‌هنجاری‌های دیگر مربوط به نمونه‌های S8 و S7 بوده است که به ترتیب از نواحی آرژیلیکی و ژاسپروئیدی دگرسان ریشه می‌گیرند (شکل۱۰).



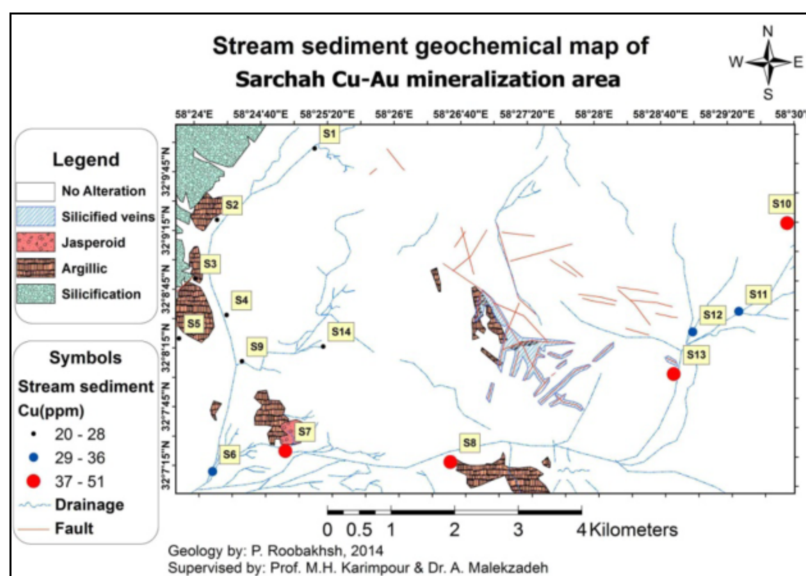
شکل۸ نمودار پراش پرتو ایکس تعدادی از نمونه‌های نماینده منطقه‌ی دگرسانی آرژیلیکی منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه.

جدول۱ نتایج تجزیه‌ی ژئوشیمیایی نمونه‌های آبراهه‌ای منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه بر حسب ppm.

Sample No.	X	Y	Au(ppb)	Ag	Cu	Pb	Zn
S1	۶۳۳۸۹۲	۳۵۵۹۶۷۲	۱۲	۰٫۲	۲۰	۷	۴۸
S2	۶۳۲۳۵۸	۳۵۵۸۵۴۸	۵>	۰٫۱۸	۲۲	۸	۶۰
S3	۶۳۲۰۱۵	۳۵۵۷۶۲۴	۵>	۰٫۲۲	۲۵	۲۲	۷۹
S4	۶۳۲۵۰۸	۳۵۵۷۰۴۹	۵>	۰٫۲	۲۲	۲۰	۵۵
S5	۶۳۱۷۵۹	۳۵۵۶۶۸۲	۵>	۰٫۲۲	۲۷	۲۶	۸۶
S6	۶۳۲۲۸۷	۳۵۵۴۵۸۸	۹	۰٫۲۳	۳۱	۲۴	۹۱
S7	۶۳۳۴۳۲	۳۵۵۴۹۰۹	۵>	۰٫۲۲	۴۱	۲۳	۱۰۵
S8	۶۳۶۰۲۶	۳۵۵۴۷۳۷	۵>	۰٫۲۳	۳۹	۱۷	۷۴



شکل۹ نقشه‌ی ژئوشیمی آبراهه‌ای عنصر طلا.



شکل۱۰ نقشه‌ی ژئوشیمی آبراهه‌ای عنصر مس.

۵-۱-۳-سرب(Pb): میزان سرب بین ۷ تا ۴۰ گرم در تن متغیر است. توزیع ژئوشیمیایی عنصر سرب، نشان دهنده‌ی بی‌هنجاری در نمونه‌هایی است که به‌طور کلی از نواحی دگرسانی آرژیلیکی مرکز و جنوب غرب و رگه‌های سیلیسی نواحی مرکزی گستره ریشه گرفته اند.

۵-۱-۴-روی(Zn): میزان روی بین ۴۸ تا ۱۴۴ گرم در تن متغیر است. بی‌هنجاری ژئوشیمیایی عنصر روی در نمونه‌ها مشابه عنصر سرب از نواحی دگرسانی آرژیلیکی مرکز و جنوب غرب و رگه‌های سیلیسی نواحی مرکزی گستره ریشه گرفته است و بیشترین میزان آن ppm ۱۴۴ و ۱۳۰ppm است.

ژئوشیمی سنگی

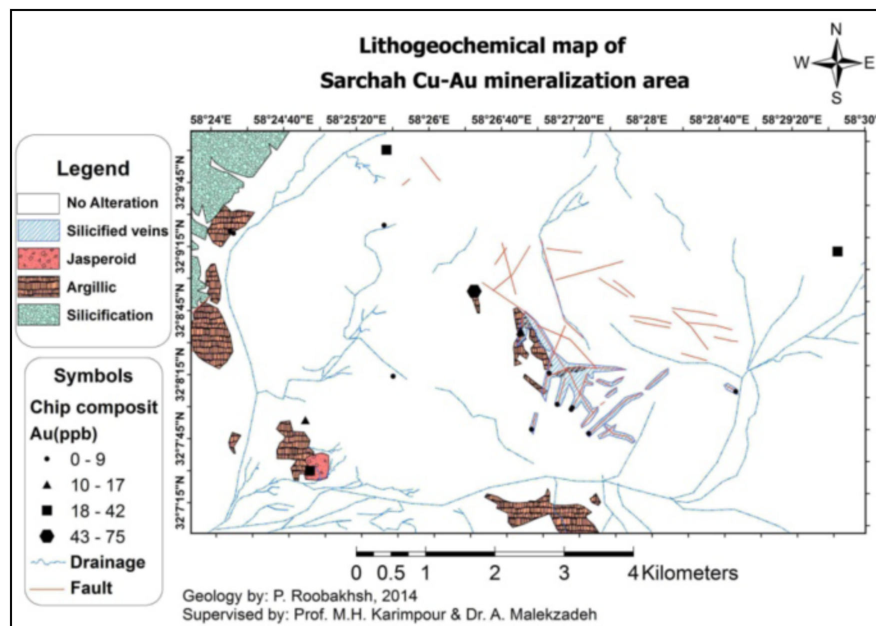
براساس نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های آزمایشگاهی، نقشه‌ی ژئوشیمی سنگی طلا و مس در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ برای شناسایی هدف‌های بعدی پی‌جویی ترسیم شد (جدول۲).

۵-۲-۱-طلا(Au): میزان طلا از ۵> تا ۷۵ میلی گرم در تن متغیر است. بیشترین مقدار مربوط به نمونه‌ی برداشت شده از محل دگرسانی آرژیلیکی مرکز گستره‌ی مورد بررسی است (شکل۱۱).

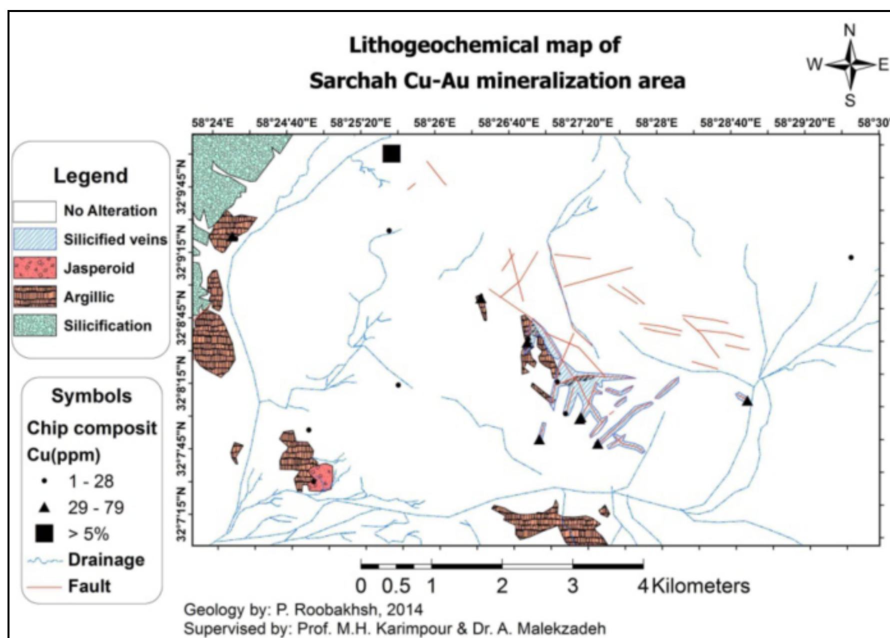
۵-۲-۲-مس(Cu): میزان مس بین ۱ گرم در تن تا بیش از ۵ درصد متغیر است. بیشترین میزان مس به رگه‌ی سیلیسی با کانی‌سازی مالاکیت در شمال غرب گستره مربوط است. سایر بی‌هنجاری‌ها مربوط به رگه‌های سیلیسی و نواحی دگرسانی آرژیلیکی جنوب و مرکز گستره مورد بررسی مربوط می‌شود (شکل۱۲).

جدول۲ نتایج تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌های سنگی برداشت شده از سطح در منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه بر حسب ppm

Sample No.	X	Y	Au(ppb)	Ag	Cu	Pb	Zn
C1	۶۳۴۵۵۰	۳۵۵۹۷۳۹	۹	۰٫۱۸	۲۸	۴	۱۸
C2	۶۳۴۵۲۹	۳۵۵۹۷۷۳	۳۰	۵٫۳	٪۵<	۳	۱۷۳
C3	۶۳۲۳۲۳	۳۵۵۸۵۶۹	۵>	۰٫۲۵	۵	۱۳۸	۱۱
C4	۶۳۲۲۷۲	۳۵۵۸۶۰۴	۵>	۰٫۲۵	۳۵	۳۲	۴۴
C5	۶۳۳۴۲۳	۳۵۵۵۱۴۵	۲۸	۰٫۱۷	۱۹	۵	۱۲
C6	۶۴۱۰۳۶	۳۵۵۸۳۰۶	۴۲	۰٫۱۹	۱۷	۵	۵۹
C7	۶۳۹۵۷۰	۳۵۵۶۲۹۰	۵>	۰٫۲	۷۹	۱۷	۲۱
C8	۶۳۴۴۹۵	۳۵۵۸۶۸۶	۵>	۰٫۱۵	۷	۵	۲۲
C9	۶۳۵۷۹۶	۳۵۵۷۷۳۲	۷۵	۰٫۱۷	۳۴	۶	۵۲
C10	۶۳۶۴۴۸	۳۵۵۷۱۰۷	۵>	۰٫۲۴	۷۸	۲۳	۷۴
C11	۶۳۶۴۶۲	۳۵۵۷۱۶۰	۱۶	۰٫۱۹	۹	۵	۳۵
C12	۶۳۶۸۷۸	۳۵۵۶۵۵۳	۵>	۰٫۲۷	۲۷	۳۶	۲۷۰
C13	۶۳۶۹۹۵	۳۵۵۶۱۰۳	۵>	۰٫۲۲	۱۸	۱۷	۱۴۴
C14	۶۳۷۱۹۶	۳۵۵۶۰۲۹	۵>	۰٫۲۱	۴۴	۸	۱۴۳
C15	۶۳۷۲۱۱	۳۵۵۶۰۵۶	۵>	۰٫۲۳	۶۳	۴۰۴	۲۷۳
C16	۶۳۷۴۵۰	۳۵۵۵۶۸۰	۹	۰٫۲۷	۳۵	۲۹	۱۷۷
C17	۶۳۳۳۵۷	۳۵۵۵۸۷۵	۱۷	۰٫۱۸	۷	۷	۱۷
C18	۶۳۶۶۲۳	۳۵۵۵۷۴۳	۵>	۰٫۲۵	۴۳	۶	۵۹
C19	۶۳۴۶۲۵	۳۵۵۶۵۰۹	۵>	۰٫۳۹	۱	۹۹	۶۶۵



شکل۱۱ نقشه‌ی ژئوشیمی سنگی عنصر طلا.



شکل۱۲ نقشه‌ی ژئوشیمی سنگی عنصر مس

۵-۲-۳-سرب(Pb): میزان سرب از ۳ تا ۴۰۴ گرم در تن متغیر بوده و بیشترین مقدار این عنصر به رگه‌ی سیلیسی جنوب گستره مربوط است .

۵-۲-۴-روی(Zn): میزان روی از ۱۱ تا ۶۶۵ گرم در تن متغیر بوده که بیشترین مقدار این عنصر به یک رگه ژاسپروئیدی واقع در نیمه غربی گستره مطالعاتی وابسته است.

بحث و برداشت

منطقه‌ی کانی‌سازی مس- طلای سرچاه در مجموعه‌ی ماگماتیسم ترشیاری بلوک لوت واقع شده است. تصویر استر گستره مورد بررسی با استفاده از ترکیب رنگی جدید R(PC۴)، B(PC۱)،G(PC۳) از مولفه‌های اصلی انتخابی نوارهای (۱،۲،۳،۴،۷و۹) پردازش شد. براین اساس سنگ‌های میزبان

آتشفشانی با ترکیب بازالتی (الیوین بازالت و بازالت)، آندزیتی (پیروکسن آندزیت، تراکی آندزیت، آندزیت، هورنبلند تراکی آندزیت، بیوتیت هیالوآندزیت، بیوتیت آندزیت و هورنبلند پیروکسن آندزیت) و توف‌های بلورین، همه آن‌ها به‌رنگ سبز از نواحی دگرسانی به رنگ زرد نخودی تفکیک شدند. سپس با روش نقشه‌برداری، زاویه‌ی طیفی این نواحی دگرسان به عنوان منطقه‌ی دگرسان آلونیتی معرفی شدند. پردازش انجام شده با توجه به بررسی‌های XRD و نزدیکی طیف جذبی کانی‌های کائولینیت، مونت موریلونیت و ایلیت با کانی آلونیت، همخوانی بسیار خوبی با شواهد صحرایی نشان داد. نمونه‌برداری آبراهه‌ای از پایین دست این زون‌های دگرسان نشان دهنده‌ی این است که بیشترین میزان طلا ppb ۱۳۸، روی ppm ۱۴۴، سرب ۴۰ppm، مس ppm ۵۱، نقره ppb ۳۱۰ بوده‌اند. نمونه‌برداری خرده‌سنگی نیز بیشترین میزان طلا (ppb ۷۵)، روی (۶۶۵pm) ، سرب (۴۰۴ppm) ، مس(٪ ۵<) و نقره (ppm ۵٫۳) را وابسته به واحدهای سنگی با دگرسانی آرژیلیکی و رگه-های سیلیسی مرکز تا جنوب گستره‌ی مورد بررسی نشان می-دهد که این نواحی نیاز به بررسی‌های بیشتر پی‌جویی است. حضور کانسار مس- طلا- نقره غنی از اسپکیولاریت قلعه زری [۵] و نیز کانسارهای وراگرمایی در گستره‌ی رودگز [۶]، حوض رئیس [۷]، چاه شلجمی [۱۰]، گله چاه- شوراب [۱۱] ، کوه شاه [۱۲]، ماهور [۱۳] در مجموعه‌ی ماگماتیسم ترشیاری بلوک لوت می‌تواند موید پتانسیل بالای شرق ایران در تشکیل کانسارهای وراگرمایی و ذخایر پورفیری وابسته به آن باشد. وجود منطقه‌های دگرسانی آرژیلیک و پروپیلیتیک، حضور اکسیدهای آهن و مالاکیت، بی‌هنجاری طلا، نقره، مولیبدن و میزان بالای مس در جنوب غربی سرخ کوه (در حدود ۱۰کیلومتری از گستره مطالعاتی) و بی‌هنجاری طلا، مولیبدن و نقره در ناحیه‌ی قلعه زرگر (در حدود ۴۵ کیلومتری از گستره‌ی مطالعاتی) گزارش شده توسط [۱]، همگی نوید بخش حضور سیستم‌های پورفیری در برگه‌ی جنوب سه‌چنگی است که پیشتر نیز در گزارش پتانسیل‌یابی مواد معدنی در منطقه‌ی فردوس- خوسف [۱۵] به آن اشاره شد. وجود دگرسانی‌های آرژیلیکی، سیلیسی و ژاسپروئید به همراه بی‌هنجاری عناصر طلا، نقره، مس، سرب و روی در منطقه‌ی کانی‌سازی مس-طلای سرچاه نیز می‌تواند به خاطر سطح فرسایشی، نمایانگر بخش‌های فوقانی یک سیستم پورفیری و کانی‌سازی وراگرمایی سولفید بالای وابسته به آن باشد.

مراجع

[1] Bolourian Gh., Vahedi A., *"Jonub-e-Sechangi 1:100000 map"*, sheet 7654. Geological Survey of Iran. (2004)

[۲] فرهادی ر.، *"اکتشاف پتاس سنگی در گنبد نمکی پل، کمربند زاگرس"*، بیست و پنجمین گردهمائي علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، (۱۳۸۵).

[3] Alavi M., *"Tectonic map of the Middle East"*, Geological Survey of Iran, Tehran, (1991).

[۴] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م. ح.، مظاهری س. ا.، *"زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی گستره MA-II، منطقه پی‌جویی مس- طلای پورفیری ماهر آباد، استان خراسان جنوبی"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال هفدهم، شماره ۴، (۱۳۸۸) ص۶۳۹ -۶۵۴

[۵] کریم پور م. ح.، *"مقایسه کانسار Cu-Ag Au قلعه زری با دیگر کانسارهای نوع (IOCG) Iron Oxides Cu-Au و ارائه رده بندی جدید"*، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال سیزدهم، شماره ۱، (۱۳۸۴) ص۱۶۷ -۱۸۴

[۶] حاجی میرزاجان ح، کریم پور م. ح، ملک زاده شفارودی آ، حیدریان شهری م. ر، هامونی س. ج.، *"تلفیق داده‌های زمین-شناسی، کانی‌سازی، ژئوشیمی و مطالعات ژئوفیزیکی IP/RS و مغناطیس‌سنجی زمینی منطقه رودگز، جنوب شرق گناباد، استان خراسان رضوی"*، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره۱(جلد۵)، (۱۳۹۲) ص ۱۱۷-۱۳۶

[۷] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م. ح.،"*زمین‌شناسی، کانی‌سازی و مطالعات سیالات درگیر کانسار سرب- روی- مس حوض رئیس، شرق ایران*"، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره۶، (۱۳۹۱) ص۶۳-۷۳

[۸] ملک زاده شفارودی آ.،"*زمین‌شناسی، کانی‌سازی، آلتراسیون، ژئوشیمی، تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی، میکروترمومتری، مطالعات ایزوتوپی و تعیین منشاء کانی‌سازی مناطق اکتشافی ماهرآباد و خوبیک، استان خراسان جنوبی*"، رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۸) ۶۰۰ ص

[۹] کریم پور م. ح.، ملک زاده آ.، " *بررسی تغییرات عناصر اصلی، جزئی و خاکی کمیاب در زون‌های دگرسانی در کانی سازی مس پورفیری منطقه همند(خراسان جنوبی، ایران)*"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال نوزدهم، شماره۴، زمستان ۹۰، (۱۳۹۰) ص۶۲۷ -۶۴۸

[۱۰] ارجمند زاده ر.، " *مطالعات کانی‌سازی، ژئوشیمی، سن- سنجی و تعیین جایگاه تکتونوماگمایی توده‌های نفوذی در اندیس معدنی دهسلم و چاه شلجمی، بلوک لوت، شرق ایران*"، رساله دکتری زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۹۰) ۳۶۹ص

[۱۱] مهرابی ب.، طالع فاضل الف.، نخبه الفقهایی ع.، "*کانه زایی پلی متال سرب -روی، مس و آنتیموان نوع انتشاری، رگه‌چه ای و رگه ای در محدوده معدنی گله چاه -شوراب، مجموعه ماگمایی شرق ایران*"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره۱(جلد۳)، (۱۳۹۰) ص ۶۱-۷۷

[۱۲] عبدی م، کریم پور م. ح.، "*زمین‌شناسی، دگرسانی، کانه- زایی، پتروژنز، سن‌سنجی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک هوابرد منطقه اکتشافی کوه شاه، جنوب غرب بیرجند*"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی ایران، شماره ۱، جلد ۴، (۱۳۹۱) ص۷۷-۱۰۸

[۱۳] میرزایی راینی ر.، احمدی علی.، میرنژاد حسن.، "*بررسی- های کانی‌شناسی و شاره‌های درگیر در کانسار چند فلزی ماهور شرق بلوک لوت، ایران مرکزی*"، مجله بلورشناسی و کانی- شناسی ایران، سال بیستم، شماره۲، تابستان۹۱، (۱۳۹۲) ص۳۰۷ -۳۱۸

[۱۴] کریم پور م.ح ، ملک زاده شفارودی آ، حیدریان شهری م. ر.، عسکری ع.،" *کانی‌سازی، دگرسانی و ژئوشیمی منطقه اکتشافی طلا- قلع هیرد، استان خراسان جنوبی*" ، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال پانزدهم، شماره۱، بهار و تابستان۸۶، (۱۳۸۶) ص۶۷ -۹

[۱۵] *گزارش پتانسیل‌یابی مواد معدنی در فردوس- خوسف*، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گروه ژئومتیکس

[۱۶] کریم پور م.ح ، ملک زاده شفارودی آ، فارمر لنگ، استرن چاک.، " *پتروژنز گرانیتوئیدها، سن‌سنجی زیرکن به روش U-Pb، ژئوشیمی ایزوتوپ‌های Sr- Nd و رخداد مهم کانی‌سازی ترشیاری در بلوک لوت، شرق ایران*"، مجله زمین شناسی اقتصادی ایران، شماره ۱، جلد ۴، (۱۳۹۱) ص۱-۲۷

[17] Whitney D. L., Evans B. W., "*Abbreviations for names of rock-forming minerals*", American Mineralogist, V. 95, (2010) 185–187.

[18] Jakes P., Gill A. J. R., "*Major and trace abundances in volcanic rocks of orogenic areas*", Bulletin of Geological Society of America, V. 83, (1972) 123-149.

[19] Burnham C. W, "*Magmas and hydrothermal fluids*", In: Barnes H.L.(Eds.): Geochemistry of hydrothermal ore deposites, Wiley, New York, (1997) 63-123.

[20] Karimpour M. H., Malekzadeh shafaroudi A., " Hydrothermal Alteration Mapping in Northern Khur, Iran, Using ASTER Image Processing, a New Insight to the Type of Copper Mineralization*", Acta Geologica Sinica, V. 87, No. 3, (2013) 830-842.*

[21] Karimpour M. H, Stern C. R., "*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Mineral Mapping to Discriminate*

High Sulfidation, Reduced Intrusion Related and Iron Oxide Gold Deposits, Eastern Iran", Journal of Applied Sciences 9(5), (2009) 815-828.

[22] Yang C, Everitt J. H, Bradford J. M., "*Yield estimation from hyperspectral imagery using spectral angle mapper (SAM)*", American Society of Agricultural and Biological Engineers, V. 51(2), (2008) 729-737

[۲۳] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م. ح.، "*مقایسه پردازش داده های ماهواره ای به روش نقشه برداری زاویه طیفی و مطالعات صحرایی در کانی شناسی زون های آلتراسیون در منطقه اکتشافی مس- طلا پورفیری خوپیک، جنوب غربی بیرجند*"، مجموعه مقالات هجدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه تبریز، (۱۳۸۹) ص۹۷۲-۹۷۷

[۲۴] روحبخش پ.، ابراهیمی خ.، همام س. م.، عباس نیا ح.، "*مطالعات دورسنجی زون های دگرسانی محدوده اکتشافی دهن قلعه، شمال غربی بردسکن*"، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره۸۴، (۱۳۹۱) ص ۱۹۹-۲۰۶

[25] Rencz A. N., "*Remote Sensing for the Earth Sciences*", Manual of Remote Sensing , Wiley, 3rd Edition, V. 3, (1999) 707 P.